

PPPoE 技术及其在宽带接入系统中的应用

乐德广, 郭东辉, 吴伯僖

(厦门大学 技术物理研究所, 福建 厦门 361005)

摘 要: PPPoE 作为一种新型链路层协议, 研究和开发其在宽带网络接入系统中的应用具有十分重要的意义。分析了 PPPoE 的基本原理, 包括协议结构、运行机制、技术特点, 并结合各种宽带接入技术的特点, 给出了其在宽带接入系统中的应用方案。

关键词: 点对点协议(PPP); PPPoE; 宽带技术

中图法分类号: TP393.03

文献标识码: A

文章编号: 1001-3695(2003)03-0130-03

PPPoE Technology and Its Application in the Broadband Access System

LE De-guang, GUO Dong-hui, WU Bo-xi

(Institute of Technical Physics, Xiamen University, Xiamen Fujian 361005, China)

Abstract: As a kind of new link layer protocol, it is very important to research and develop the application of PPPoE in the broadband access system. The paper analyzes the principle of PPPoE, including the protocol architecture, operation mechanism and technological characteristics. Moreover, going along with the characteristics of different broadband access technology, it draws out an application scheme of PPPoE in the broadband access system.

Key words: PPP(Point-to-Point Protocol); PPPoE(PPP over Ethernet); Broadband Access

随着计算机技术和网络技术的不断发展, 以太网作为一种高效经济的网络通信技术已经得到越来越广泛的应用, 基于以太网技术的局域网已遍布于各种业务系统、办公系统, 甚至进入了家庭。另外 Internet 的迅速发展, 上网的用户在爆炸式的增加, 当前用户访问 Internet 主要是通过基于 PPP 协议的 PSTN/ISDN 拨号来实现^[1]。近年来, 随着网络应用的进一步深化, Internet 上的高速数据传输和多媒体服务等得到迅猛推广, 以电子商务、视频点播、电视会议、网上购物等交互式应用为代表的新的业务类型的出现, 对网络通信的带宽提出了更高的要求。接入网作为网络系统中的“最后一公里”正引起人们越来越多的注意, 成为宽带网络技术的一大热点。为了利用现有的网络结构, 不改变或很少改变网络配置, 保证网络运营的低成本, 人们开发出了一种新的 PPPoE 技术, 通过把最经济的以太网技术和 PPP 协议的可扩展性及管理控制功能结合在一起, 网络运营商便可利用可靠和熟悉的技术来部署高速互联网业务。

1 PPPoE 技术

1998 年 Redback 网络公司联合 UUNET 公司和 RouterWare 软件公司开发了以太网上点对点协议 PPPoE 技术^[2], 并得到了 IETF 的认可, 于 1999 年 2 月被 IETF 接收, 以 RFC 2526 发布。PPPoE 提供了通过接入设备把以太网的多个主机连接到远程访问设备的功能。

1.1 PPPoE 的协议结构

PPPoE 是在标准的 Ethernet 协议和 TCP/IP 协议的基础上做了一些小的更改, 在以太网包头和用户数据之间插入了 PPPoE 和 PPP 封装, 其协议结构如图 1 所示。

PPPoE 作为 Ethernet 帧的净荷数据在以太网上传输。PPPoE 包括地址发现(Discovery)数据包和 PPP 会话(Session)数据包, 它们通过在 Ethernet 帧中指定不同的协议类型来区分^[3]。地址发现数据包和 PPPoE 会话数据包所对应的 Ethernet 帧中的类型(ETHER _ TYPE)字段值分别是: 0x8863 和 0x8864。PPPoE 帧格式如图 2 所示。图中的版本(VER)字段和类型(TYPE)字段长度为 4 比特, 在当前版本 PPPoE 中, 这两个字段值都固定为 0x1。代码(CODE)字段长度为 8 比特, 随数据包功能的不同而具有不同的值。在 PPP 会话数据包中 CODE 字段为 0x00。地址发现数据包中的各种数据包格式稍后将在下面详细介绍地址发现过程时给出。会话标识符(SESSION _ ID)字段长度为 16 比特, 在一个给定的 PPP 会话过程中它是固定不变的, 值 0xffff 为保留值。长度(LENGTH)字段为 16 比特长, 指示 PPPoE 的净荷长度。地址发现数据包中 PPPoE 的净荷数据可以为空或由多个标记(TAG)组成, 每个标记都是 TLV(类型-长度-值)的结构, 其格式如图 3 所示。在 PPP 会话数据包中 PPPoE 的净荷数据为标准的点对点协议包。

1.2 PPPoE 的运行机制

为了提供以太网上的 PPP 连接, 每一个 PPP 会话必

收稿日期: 2002-08-02; 修返日期: 2002-09-29

须知道远程通信对方的以太网地址,并建立一个惟一的会话标识符。建立一个以太网上 PPP 会话包括两个阶段: Discovery 阶段。在 Discovery 过程中用户主机以广播方式寻找可以连接的所有的接入设备,并获得其以太网 MAC 地址,然后选择需要连接的接入设备并确定所要建立的 PPP 会话标识符。PPP 会话阶段。用户主机与接入设备根据在发现阶段所协商 PPP 会话标识符进行 PPP 通信。

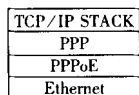


图1 PPPoE协议结构

VER	TYPE	CODE	SESSION_ID
LENGTH		PAYLOAD...	

图2 PPPoE帧格式

TAG_TYPE	TAG_LENGTH
TAG_VALUE...	

图3 地址发现数据包净荷数据格式

(1) PPPoE 地址发现阶段

当某个主机希望发起一个 PPPoE 会话时,它必须首先执行 Discovery 来确定对方的以太网 MAC 地址,并建立起一个 PPPoE 会话标识符。虽然 PPP 定义的是端到端的对等关系,Discovery 却是一种 Client/Server 关系。在 Discovery 的过程中,根据网络的拓扑结构,可能主机能够跟不止一个的接入设备通信。在 Discovery 阶段,允许主机发现所有的接入设备并从中选择一个。当 Discovery 阶段成功完成之后,主机和接入设备两者都具备了用于在以太网上建立点到点连接所需的所有信息。

一个典型的 Discovery 阶段共包括四个步骤: 主机发出 PPPoE 有效发现启动 (PPPoE Active Discovery Initiation, PADI) 包。以太网目的地址为广播地址 0xffffffff, CODE 字段为 0x09, SESSION_ID 为 0x0000。PADI 包必须至少包含一个服务名称类型的标签,其标签类型 (TAG_TYPE) 字段置为 0x0101,向接入设备提出所要求提供的服务。接入设备收到在服务范围内的 PADI 包后,发送 PPPoE 有效发现提供 (PPPoE Active Discovery Offer, PADO) 包以响应请求,其以太网目的地址为发送 PADI 数据包的主机的单播地址, CODE 字段为 0x07, SESSION_ID 仍为 0x0000。PADO 包必须包含一个接入设备名称类型的标签,其 TAG_TYPE 字段为 0x0102,以及一个或多个服务名称类型标签,表明可向主机提供的服务种类。主机根据可能收到的多个 PADO 包选择一个合适的接入设备,然后向所选择的接入设备发送 PPPoE 有效发现请求 (PPPoE Active Discovery Request, PADR) 包,其以太网目的地址为发送 PADO 数据包的接入设备的单播地址, CODE 字段为 0x19, SESSION_ID 仍为 0x0000。PADR 包必须包含一个服务名称类型标签,确定向接入设备请求的服务种类。接入设备收到 PADR 包后准备开始 PPP 会话,它发送一个 PPPoE 有效发现会话确认 (PPPoE Active Discovery Session-confirmation, PADS) 包,其以太网目的地址为发送 PADR 数据包的主机的单播地址, CODE 字段为 0x65, SESSION_ID 为接入设备所产生的一个惟一的 PPPoE 会话标识符。PADS 包也必须包含一个接入设备名称类型的标签确认向主机提供的服务。当主机收到 PADS 包确认后,双方就进入 PPP 会话阶段。此外,还有一种 PPPoE 有效发现终止 (PPPoE Active Discovery Ter-

minate, PADT) 包,在一个 PPP 会话建立后它可以随时由主机或接入设备中任何一方发送,指示 PPP 会话已终止。PADT 包不需要任何标签,其以太网目的地址为单播地址, CODE 字段为 0xa7, SESSION_ID 为需要终止的 PPP 会话的会话标识符。

(2) PPPoE 会话阶段

通过发现阶段知道通信双方的 MAC 地址和 SESSION_ID 号后,就可以进行 PPP 通信。PPP 数据被封装在 PPPoE 会话包中像其它 PPP 封装一样发送,所有的以太网数据帧都是单播的,以太帧的 ETHER_TYPE 字段设置为 0x8864。在 PPPoE 会话包中,VER 和 TYPE 字段设置为 1, CODE 必须设置为 0。PPPoE 会话的 SESSION_ID 不允许发生改变,必须是 Discovery 阶段所指定的值。LENGTH 字段是 PPPoE 帧的净荷数据的长度,不包括以太帧头和 PPPoE 包头的长度。PPPoE 的净荷数据包含一个 PPP 帧,帧始于 PPP Protocol-ID。该 PPP 帧不包含 Flags 标志字段和 CRC 校验和字段。

1.3 PPPoE 的技术特点

PPPoE 具有以下特点: PPPoE 利用了已被广泛接收的 PPP 协议和以太网协议,继承了以太网快速和 PPP 拨号的简单特点; 由于 PPPoE 会话是真正的 PPP 会话,能够实现 IP 地址的完全动态分配,即每次连接都能获得不同的 IP 地址; PPPoE 上的 PPP 要求用户认证,因此可以根据用户名计费,而不论用户是从何处接入的; PPPoE 建立了基于 Ethernet 的会话,因此服务提供商能够根据连接时间进行计费。

2 基于 PPPoE 的宽带接入系统及其应用

在各种宽带接入技术中,ADSL 接入和以太网接入由于它们各自所具有的特点而在电信运营商、ISP 中得到广泛的应用。其中 PPPoE 是 ADSL 接入和以太网接入系统的一项关键技术。

2.1 基于 PPPoE 的 ADSL 系统

ADSL 作为一种实用的宽带接入技术,充分利用已有的 PSTN 网络资源,实现带宽瓶颈的突破,保护固定铜线网络的原有投资,使网络资源得到更充分的利用。目前 ADSL 接入主要采用 RFC1483^[4], RFC1577^[5], PPPoA (PPP over ATM)^[6], PPPoE 等几种方式。其中 RFC1483 是将以太网数据帧适配到 ATM 适配层 5 (ATM Adaptation Layer Type 5, ALL5) 的协议数据单元 (Protocol Data Unit, PDU) 中进行传输的方法, RFC1577 将 IP 组适配到 ALL5 的 PDU 中来实现 IP 分组在 ATM 主干网中的传输。RFC1483 和 RFC1577 只能实现静态 IP 接入,因此 IP 地址资源利用率低,这对于 IP 地址资源紧缺的电信运营商来说,很难采用静态 IP 方式实现众多的普通用户的宽带接入; PPPoA 是利用 PPP 技术实现在 ATM 上的宽带拨号接入的标准规范,终端用户直接发起 PPP 呼叫,用户端的 ATM 网卡在收到上层的 PPP 包后,对 PPP 包进行 AAL5 层封装处理形成 ATM 信元流。ATM 信元通过 ADSL Modem 传送到局端宽接入服务器上,完成认证、授权等一系

列 PPP 接入过程。这种接入需要在用户端使用昂贵的 ATM 网卡接口和相应的硬件或软件的支持来实现 ATM 高层协议,因而很难大规模地推广应用。PPPoE 是在以太网网络中转播 PPP 帧信息的技术,它通过 PPPoE 接入服务器与本地以太网网络相结合,兼顾对用户终端的硬件要求,提高了 ADSL 宽带接入的总体性能。因此利用 PPPoE 技术能直接实现更高速、更可靠、更便捷的 ADSL 宽带接入。当前 PPPoE 技术规范得到包括 Redback,Alcatel,Renguin 等众多的设备制造商和软件厂商的广泛支持,纷纷推出基于 PPPoE 的 ADSL 系统产品,如 SMS 10000,RP-PPPoE 等。包括我国在内的世界各国的电信运营商在其 ADSL 接入系统中也是主要采用 PPPoE 接入方式。基于 PPPoE 的 ADSL 系统结构拓扑如图 4 所示。图中客户机通过 PPPoE 连接 ADSL Modem,并由位于骨干网边缘的 BAS 终接 PPPoE 连接。PPPoE 提供了 ADSL 终端用户与 BAS 之间的一条逻辑 PPP 连接,多个 ADSL 终端用户同时通过 PPPoE 获得相应数目的逻辑 PPP 连接,因此电信运营商可以以 PPP Session 为单位设置服务档次,提供多种不同的 ADSL 服务项目,如为用户提供不同的带宽等。终端用户可以在用同一根 ADSL 线上连接不同的 ISP 网络,并选择不同的服务项目。



图 4 基于 PPPoE 的 ADSL 接入示意图

基于 PPPoE 的 ADSL 拨号接入具有安装、使用、维护简单的特点,用户上网的操作和普通拨号一样,因此对于接入用户来说不需要了解比较深和 ADSL 技术,只需要当作普通拨号上网就可以了;对于电信运营商来说在现有 PSTN 基础上不需要花费巨资来做大面积改造,节省了运营成本。

2.2 基于 PPPoE 的以太网接入系统

近年来,随着千兆以太网的成熟和万兆以太网的出现,以及低成本地在光纤上直接架构以太网技术的成熟^[7],以太网开始进入城域网和广域网领域。如果接入网也采用以太网将形成从接入网、城域网到广域网全部是以太网的结构。在链路层上采用统一的以太网帧结构,使网络之间不需要任何格式转换,实现各网之间的无缝连接,从而提高运行效率、方便管理、降低成本。因此采用以太网接入是新兴网络运营商和 ISP 的最佳选择。特别是我国,在宽带小区建设方面选择以太网技术,适合中国人口居住密集的国情。当前对以太网接入系统可采用为用户分配固定 IP 地域或者采用 DHCP 方式来为用户动态分配 IP 地址。采用固定 DHCP 方式存在着明显的缺陷。如用户自行设置、修改、盗用 IP,造成 IP 地址管理的混乱和小规范;计费策略不灵活方便,以及存在广播风暴等问题。针对基于固定 IP 或者 DHCP 方式的弊端,可以采用基于 PPPoE 的以太网宽带接入系统。该系统的网络拓扑如图 5 所示。图中 PPPoE 接入服务器的上行端口可通过光接口或无线接口与 IP 骨干网

相连,其它各接入端口则连接小区、大厦、学校或公司的以太网。接入用户不需要在主机上设置固定 IP 地址、默认网关和域名服务器,通过免费的类似于普通拨号上网的客户端软件拨入 PPOE 接入服务器就可以连上 Internet,且访问 Internet 的速率和 10M/100M 以太网直连 Internet 没有任何区别。

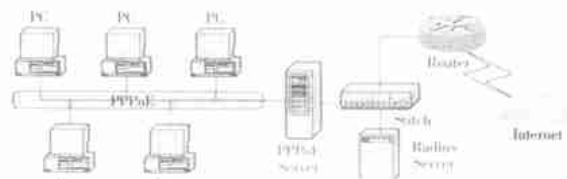


图5 基于 PPPoE 的 LAN 接入示意图

基于 PPPoE 的以太网网系统可对 PPP 逻辑连接分别进行管理,通过一个 PPP 连接建立和释放的会话过程,可以对用户上网业务分别进行时长和流量及其它各种计费方式所需要的信息的统计,从而能够制定各种计费策略,对用户灵活合理的计费方式。而且 PPPoE 接入服务器与 Radius 服务器结合,利用 PAP,CHAP 等协议进行 PPP 用户认证,IP 地址动态分配,实现对用户和 IP 地址的有效管理。

3 PPPoE 在无线宽带接入中的应用实例

下面介绍 PPoE 宽带接入系统在厦门迅通网络科技有限公司中的应用实例。迅通网络是一家提供宽带接入服务的高科技公司,在 2001 年 6 月建立了厦门无线宽带接入网,目前已开通了十几个小区。最初的开通和运营阶段,迅通网络采用给小区宽带用户分配固定 IP 的接入模式,但随着网络规模和用户开户率的持续增长,分配固定 IP 造成小区以太网可管理性差的弊端逐渐突兀,比如用户更改 IP 地址造成 IP 冲突、用户采用大量并发线程的下载工具或者自行搭建代理服务器抢夺网络带宽并影响其他用户的上网质量等。经过认真分析比较各种宽带运营和管理技术后,我们选用了安腾公司的 eFlow PPoE 宽带接入服务器^[8],并结合用户中心认证、授权和计费(AAA)系统形成一套完整的应用解决方案。其部分网络结构拓扑如图 6 所示。图中小区机房与无线基站在同一栋大楼内,小区机房通过无线链路和网络中心机房的 eFlow 下行接口相连,其上行通过中心机房的核心交换机接入 Internet。eFlow 向小区的所有 VLAN 用户提供 PPoE 接入服务,并通过中心机房的 eFlow AAA Server,实现对用户的接入认证、授权,如分配 IP 地址、带宽限制等网络管理,并制定了包月、按时长、流量等各种灵活的计费策略。网络管理员可通过 Web 方式实现对用户的开户、缴费等管理任务。



图 6 迅通网络 PPPoE 宽带接入系统示意图

(下转第 136 页)

应用,那么一个教师如何根据自己的教学需要在浩如烟海的课件库中快速找到自己想要的课件,就成为系统必须解决的问题。为了加快对用户检索要求的响应速度,需要建立索引。目前,通常采用倒排表的方式^[12]。在这种方法中,每个文档都可以对应一系列关键词,就检索而言,这些关键词描述了文档的内容。对于每个关键词,设一个指针表,表中的每个指针指向某个文档。另外,在本系统中,课件的元数据已对课件的实际内容进行摘要性描述,因此可以看成对课件内容的一级索引。此时,只要通过对课件 XML 文档解析,抽取其 < metadata > 元素及嵌套元素中的内容,然后对收集到的数据建立上述倒排表索引。当用户提出查询请求时,系统在索引文件中找到用户要求的关键词,根据此关键词的指针表找到其所对应的 XML 文档。这种方法实现简单,查询速度快,且容易支持同义词查询。

4.3 并发控制

并发控制所要解决的是在多个应用程序同时访问某个数据对象时如何保证此数据对象的数据一致性^[13]。本系统中,当多个用户同时访问同一个课件资源时,会出现访问冲突,引起文档的不一致性,为此要采取一定的并发控制策略。鉴于课件存放在服务器指定位置,我们采用目录路径锁定法来实现对读、写、写等有冲突操作的并发控制。另一方面,为防止出现删除一个已被其他用户引用的课件的问题,为每个课件在关系数据库中建立一个引用表,记录它的课件标识、著作者、版本号最后更新日期以及引用者等信息,删除课件时,先查询表中记录,如有引用,则该操作被禁止。

5 结束语

本文提出了一个支持国际标准规范的课件开发系统,系统设计中借鉴了积件理论的思想。利用该系统我们可以:(1)实现课件的快速生成,降低课件开发难度,缩短开发周期;(2)使课件内容在不同层次上共享和复

用;(3)课件易于修改与更新。当然我们应该看到,在课件的开发中还存在不少问题,例如完善的课件评估机制、资源的分布式部署以及智能化课件代理等,我们将把这些问题纳入到下一步的工作中。

参考文献:

- [1] 教育部现代远程教育资源建设委员会. 教育资源建设技术规范(征求意见稿) [S]. 2002.
- [2] 黄晓槽,等. PCML 的定义及其在远程教育中的应用研究 [J]. 小型微型计算机系统, 2002, 23(2): 253-256.
- [3] 杨静,顾君忠,刘盈盈. 用 XML 构造网络化多媒体课件 [J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2000, (2): 29-36.
- [4] IEEE Learning Technology Standardization Committee. Draft Standard for Learning Object Metadata, Version 4.0 [EB/OL]. <http://ltsc.ieee.org/doc/wg12/LOMWD4.htm>, 2001-04-05.
- [5] IMS Global Learning Consortium, Inc. IMS Content Packaging Information Model, Version 1.0 [EB/OL]. <http://www.imspj.org/content/packaging/cpinfo10.html>, 2001-10-20.
- [6] IMS Global Learning Consortium, Inc. IMS Content Packaging XML Binding, Version 1.2.1 Final Specification [EB/OL]. <http://www.imspj.org/content/packaging/cpv1p1p2/imrscp-bind-v1p1p2.html>, 2002-01-05.
- [7] 丁斌,刘志镜,等. 基于 XML/RDF 的制造企业元数据描述和资源发现 [J]. 计算机应用研究, 2002, 19(2): 38-41.
- [8] W3C Recommendation Extensible Markup Language (XML) [EB/OL]. <http://www.w3.org/XML>, 2000-05-15.
- [9] Didier Martin,等. XML 高级编程 [M]. 李喆,等. 北京:机械工业出版社, 2001.
- [10] 王照岳,孙建伶,董金祥. XML 数据库管理系统研究 [J]. 计算机科学, 2002, 29(1): 115-117.
- [11] 瞿裕忠,张剑锋,陈峰,等. XML 语言及相关技术综述 [J]. 计算机工程, 2000, 26(12): 4-6, 30.
- [12] 王海波,姜吉发,耿晖,等. XML 搜索引擎研究 [J]. 计算机应用研究, 2001, 18(4): 68-71.
- [13] 史美林,杨光信. 一个协同应用开发平台的设计——DICSE [J]. 通信学报, 1999, 20(9): 63-69.

作者简介:

高思丹(1970-),女,湖北武汉人,硕士研究生,主要研究方向为远程教育;袁春风,女,教授,研究领域为媒体处理、远程教育等。

(上接第 132 页)

4 结束语

在经过半年多的稳定运行后,PPPoE 接入方式得到了我们的认可,觉得 PPPoE 接入方式的确能很好地解决目前各种宽带接入存在的各种弊端,能很好地结合以太网性的高速和 PPP 的高可管理性增强对用户的管理和控制。因此利用 PPPoE 技术是实现学校、公司、家庭用户快速、方便的宽带接入的有效方案。

参考文献:

- [1] 曾勇军. PPP 协议及其在 Internet 远程接入技术中的应用 [J]. 计算机应用研究, 2000, 17(1): 58-60.
- [2] PPP over Ethernet: A Comparison of Alternatives for PC-to-xDSL Modem Connectivity [EB/OL]. http://www.redback.com/en_US/whitepp/pdf/wp_pppoe_comparison.pdf, 2002-07.
- [3] L Mamakos, K Lidl, J Everts, et al. A Method for Transmitting PPP over Ethernet (PPPoE) [S]. RFC2516, 1999.

- [4] Juha Heinanen. Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5 [S]. RFC1483, 1993.
- [5] M Laubach. Classical IP and ARP over ATM [S]. RFC1577, 1994.
- [6] G Gross, et al. PPP over AAL5 [S]. RFC2364, 1998.
- [7] 郑伟,江凌云. 基于千兆以太网的全光网 [J]. 通讯世界, 2001, 7(1): 33-35.
- [8] PPPoE 宽带接入服务器 [EB/OL]. <http://www.amtium.com/>, 2002-07.

作者简介:

乐德广(1975-),男,福建三明人,博士生,主要从事计算机网络通信、系统编程等方面的工作;郭东辉(1967-),男,福建莆田人,教授,博士生导师,博士生,主要研究方向为计算机网络通信、人工智能、电路设计自动化等;吴伯儒(1926-),男,福建泉州人,教授,博士生导师,研究生院副院长,中国物理学会发光分会第一、二届副理事长,至今在国内外刊物和学术会议上发表学术论文一百多篇。